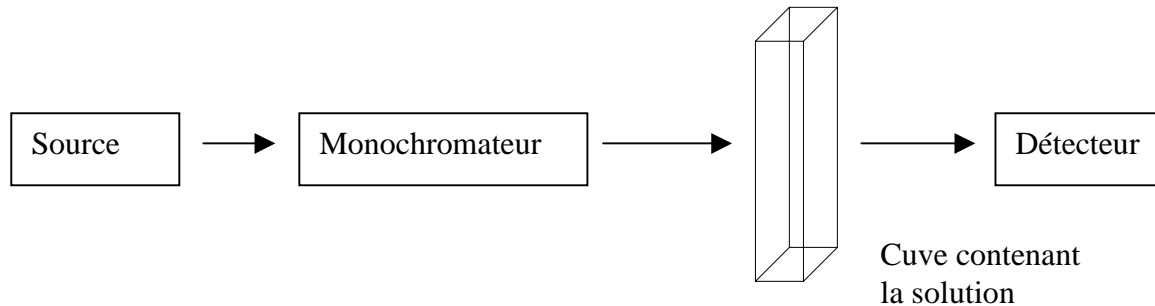


Spectrophotomètre à réseau

Globalement, un spectrophotomètre est constitué de la réunion de 3 parties distinctes : la source lumineuse, le système dispersif (monochromateur) et le détecteur.



Le constructeur d'un spectrophotomètre dans le visible donne les informations suivantes :

- source lumineuse : lampe à incandescence tungstène - halogène et enveloppe de quartz
- réseau :
 - $n = 1\,300$ traits/mm
 - largeur éclairée du réseau : $L = 2,0$ cm
- bande passante du monochromateur : $\Delta\lambda = 2$ nm
- détecteur : photodiode sensible sur l'ensemble du spectre

I - Source lumineuse

1) Que signifie lampe à incandescence tungstène - halogène ?

2) Le filament de la lampe est porté à la température : $T = 3\,000$ K. En appliquant la loi de déplacement de Wien : $\lambda_m T = 0,002896$, à quelle longueur d'onde cette lampe émet-elle le plus d'énergie ?

Dans quel domaine de longueur d'onde se situe λ_m ?

3) Représenter qualitativement la distribution relative spectrale d'énergie.

II – Quelques propriétés d'un réseau plan par transmission

Un réseau plan par transmission est constitué de N fentes identiques distantes entre elles de a .

1) La caractéristique du réseau est : $n = 1\,300$ traits/mm. En déduire la valeur de a .

2) La formule fondamentale d'un réseau plan par transmission est :

$$\sin i - \sin i' = k n \lambda$$

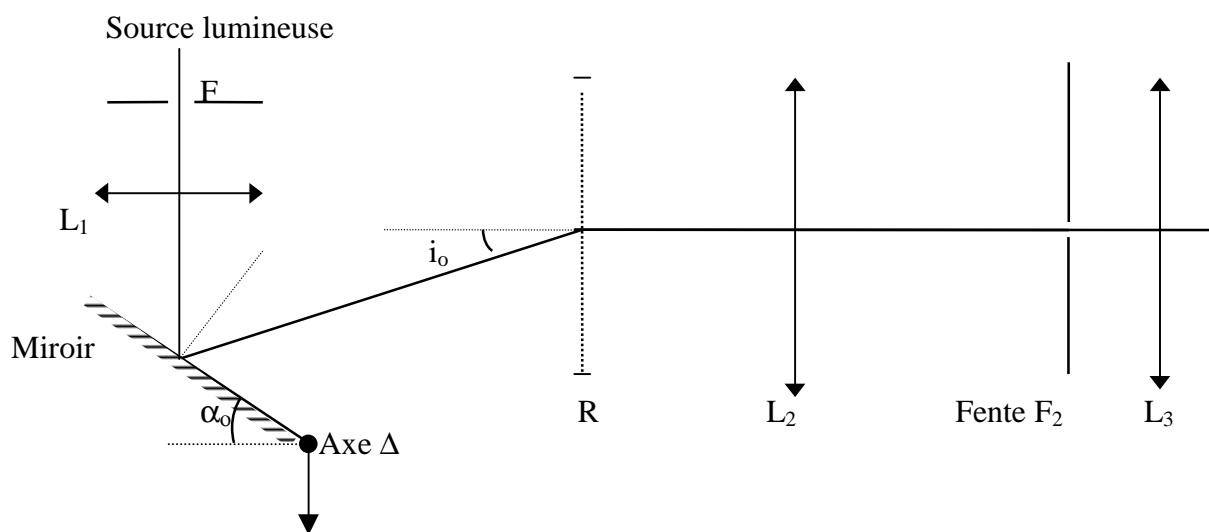
Sur un schéma simple et clair, représenter i et i' et préciser les conventions de signe.

3) Dans cette question, le réseau est éclairé sous incidence normale avec une source lumineuse émettant dans le visible un spectre continu comportant des radiations comprises dans l'intervalle $[\lambda_1, \lambda_2]$ avec $\lambda_1 = 400$ nm et $\lambda_2 = 660$ nm. Déterminer l'intervalle angulaire dans lequel on observe le spectre d'ordre 1.

4) Dans cette question, le réseau est éclairé sous incidence normale avec une source lumineuse émettant dans le visible deux longueurs d'onde très voisines : λ et $\lambda + \Delta\lambda$. A quel critère se réfère-t-on pour dire que le réseau sépare (de façon limite) ces 2 longueurs d'onde ? Faire un schéma explicatif.

Le pouvoir de résolution du réseau est : $R = \lambda/\Delta\lambda_m = kN$. Déterminer $\Delta\lambda_m$ si $\lambda = 500$ nm et si le réseau est éclairé sur une largeur de 2 cm dans le spectre d'ordre 1.

III – Monochromateur à réseau



- S : source lumineuse polychromatique
- F : fente d'entrée orthogonale au plan de la figure.
- L₁ : lentille convergente à la sortie de laquelle les rayons lumineux sont parallèles
- M : miroir plan orthogonal au plan de la figure et mobile autour de l'axe Δ
Le miroir est mis en mouvement par un bras de levier solidaire d'un écrou mobile le long d'une vis sans fin de grande qualité
- R : réseau de diffraction dont le plan est orthogonal au plan de la figure
 $n = 1\,300$ traits/mm
- L₂ : lentille convergente de distance focale : $O_2F'_2 = 10,0$ cm
- F₂ : fente de sortie située dans le plan focal image de L₂
- L₃ : lentille convergente de distance focale : $O_3F'_3 = 1,0$ cm
Le plan focal image de L₂ est confondu avec le plan focal objet de L₃.

- 1) Où se trouve la fente F pour que les rayons lumineux forment un faisceau de lumière parallèle après la lentille L_1 ?
- 2) Les rayons sont-ils encore parallèles après réflexion sur le miroir ?
Compléter le schéma optique.
- 3) Le miroir est réglé de façon que le spectre normal d'ordre 1 correspondant à la radiation de longueur d'onde : $\lambda_0 = 500$ nm se forme sur la fente de sortie F_2 .
Quelle est la valeur de l'angle d'incidence i_0 du faisceau incident sur le réseau ?
Quel est la valeur de l'angle α_0 ?
- 4) Montrer sur le schéma où se forme alors le spectre d'ordre 1 correspondant aux radiations de longueur d'onde : $\lambda_1 = 400$ nm.
- 5) Quel angle d'incidence i_1 faut-il donner au faisceau incident pour que sortent par la fente F_2 les radiations de longueur d'onde $\lambda_1 = 400$ nm ?
Quel est la valeur de l'angle α_1 ?
De quel angle faut-il faire tourner le miroir depuis sa position initiale ?
- 6) On revient à la position du 3) et à la longueur d'onde : $\lambda_0 = 500$ nm.
La fente F_2 présente une largeur : $l = 0,15$ mm. Soit $(\lambda_0 - \Delta\lambda/2 ; \lambda_0 + \Delta\lambda/2)$ le domaine spectral des radiations passant réellement par la fente F_2 si on suppose la fente source F infiniment fine. Déterminer $\Delta\lambda$.

IV - Absorbance - Loi de Beer-Lambert

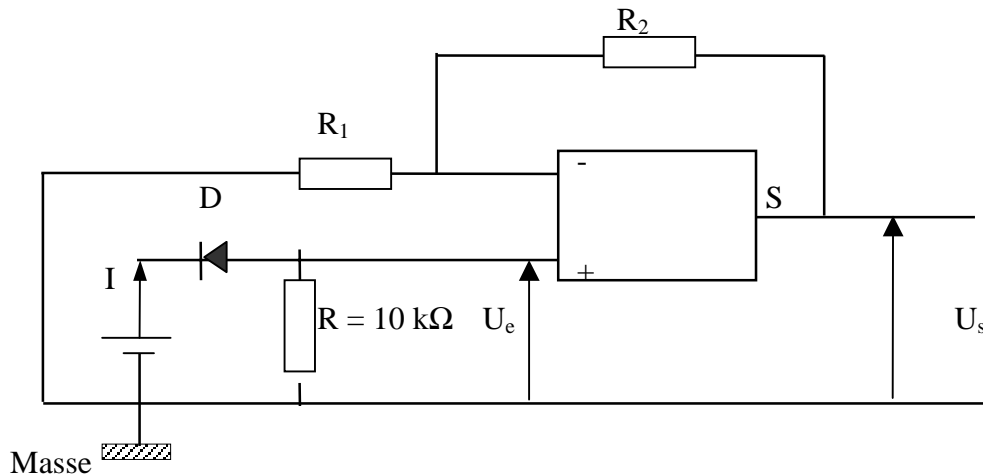
- 1) Définir l'absorbance A d'une solution.
- 2) Comment mesure-t-on l'absorbance d'une solution ?
Pourquoi faut-il refaire le « zéro optique », ou ligne de base, pour chaque longueur d'onde lorsqu'on trace le spectre d'absorption d'une espèce chimique en solution ?
- 3) A quelle longueur d'onde faut-il se placer pour étudier une solution ne contenant qu'une espèce chimique colorée ?
- 4) On veut déterminer la teneur d'un composé alimentaire en 2 de ses composants (carotène C et vitamine A). A partir de 400 g de ce composé, on a obtenu 1 litre de solution S de ses 2 constituants.
Le tableau indique les absorbances à 2 longueurs d'onde : $\lambda = 328$ nm et $\lambda' = 458$ nm de la solution S et de 2 solutions de référence S_1 et S_2 contenant, la première S_1 , 10 mg de vitamine A par litre de solvant et la deuxième S_2 , 10 mg de carotène par litre de solvant.

	S(mélange)	S_1 (vitamine A)	S_2 (carotène)
$\lambda = 328$ nm	$A = 0,580$	$A_1 = 1,550$	$A_2 = 0,340$
$\lambda' = 458$ nm	$A' = 0,810$	$A'_1 = 0,000$	$A'_2 = 2,200$

Donner l'expression littérale de la teneur en vitamine A et en carotène du composé étudié.
Faire ensuite l'application numérique.

Les spectrophotomètre sont de plus souvent équipés d'un miroir tournant (chopper) qui coupe le faisceau monochromatique en 2 faisceaux identiques éclairant successivement l'essai à blanc et l'essai proprement dit.

V – Etude du détecteur : photodiode



L'amplificateur opérationnel est supposé idéal : $\varepsilon = 0$; $i_+ = i_- = 0$

Il est alimenté en (- 15 V, + 15 V).

D est une photodiode. Le courant I qui la traverse est proportionnel à l'éclairement E qu'elle reçoit. Sa sensibilité est : $k = 20 \text{ nA par lux}$, c'est à dire : $I = kE$.

1) Noter sur le schéma les différents courants qui traversent les résistances et les chutes de tension à leurs bornes.

2 Déterminer l'expression du rapport U_s/U_e en fonction de R_1 et de R_2

3) L'éclairement E de la photodiode peut varier entre 0 et 100 lux.

Déterminer la valeur du rapport R_2/R_1 pour que U_s soit égal à 1 V si l'éclairement de la photodiode est : $E = 100 \text{ lux}$ à la longueur d'onde : $\lambda = 500 \text{ nm}$.

Réponses :

$\lambda_m = 965 \text{ nm}$, longueur d'onde située dans l'infrarouge

$$a = 1/n = 0,77 \mu\text{m}$$

$$i'_1 = -31,33^\circ ; i'_2 = -59,09^\circ$$

$$R = 26\,000 ; \Delta\lambda_m = 0,002 \text{ nm}$$

$$i_o = 40,54^\circ ; \alpha_o = (90 - i_o)/2 = 24,73^\circ$$

$$i_1 = 31,33^\circ ; \alpha_1 = 29,33^\circ ; \Delta\alpha = 4,60^\circ$$

$$\Delta\lambda = \Delta i'/kn = 1,15 \text{ nm}$$

Absorbance A : capacité d'une solution à absorber les rayonnements à différentes longueurs d'onde.

$$c_a = c_{a0} (A'A_2 - AA'_2)/(A'_1A_2 - A_1A'_2) ; c_c = c_{c0} (AA'_1 - A_1A')/(A'_1A_2 - A_1A'_2)$$

$$c_a = 2,93 \text{ mg.l}^{-1}, \text{ soit } 0,74 \cdot 10^{-3} \% \text{ par gramme}$$

$$c_c = c_{oc} \quad A_2/A_{2c} = 3,68 \text{ mg.l}^{-1}, \text{ soit } 0,93 \cdot 10^{-3} \% \text{ par}$$